



**RED NACIONAL DE METROLOGÍA
UNIDAD DE COORDINACIÓN Y SUPERVISIÓN
LABORATORIO CUSTODIO DE PATRONES
NACIONALES
MAGNITUD HUMEDAD RELATIVA**

INFORME A

COMPARACIÓN NACIONAL

H-17

CALIBRACION DE UN TERMOHIGROMETRO

Rango de medición: 10 a 45 °C en temperatura del Aire

Noviembre de 2017 a Marzo de 2018

Marcial Espinoza. Antonio Monsalve. Carolina Martinez.
Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales (LCPNR-HUMEDAD), Chile.
Empresa Nacional de Aeronáutica - ENAER, Av. José Miguel Carrera n°11087.
Teléfono 56 (2) 2383 2082, 56 (2) 2383 1966, e-mail marcial.espinoza@enaer.cl

Resumen: El Laboratorio Custodio de Patrones Nacionales- Humedad ENAER y el área de metrología del Instituto Nacional de Normalización INN Perteneiente a La Red Nacional de Metrología realiza el **Ensayo** de Aptitud 2017. Para ello se ha elegido un instrumento que permite cubrir un rango que pueda ser calibrado por la mayoría de los Laboratorios acreditados por el INN en la magnitud Humedad Relativa y otros laboratorios de calibración no-acreditados, las características del instrumento a utilizar fueron acordadas en taller de cierre del ensayo H-16. La comparación se llevó a cabo desde noviembre de 2017 a marzo de 2018. Para la comparación se utilizó un termohigrometro digital con una capacidad de medición del -20 a 80 °C en temperatura del Aire con una exactitud del 0,3°C del alcance de medición.

El instrumento fue facilitado por el LCPNR-Humedad ENAER Chile, la actividad se realizó dentro del marco de cooperación con el INN en el marco de la Red de Metrología de Chile.

INTRODUCCION

La cadena de trazabilidad de las mediciones de la industria debe realizarse con niveles adecuados de incertidumbre de acuerdo a las necesidades propias de cada país. La participación en las comparaciones entre los laboratorios de Metrología, permite asegurar el grado de equivalencia de las mediciones entre los laboratorios acreditados por la RNM con una diseminación correcta de las mediciones. Por lo anterior se puede decir que la solidez y la confianza en las mediciones, tanto en el ámbito Nacional como en el Internacional, se fortalece con las comparaciones entre laboratorios.

Los resultados que aquí se presentan corresponden a Ensayo de Aptitud 2017 íntegramente realizada entre los laboratorios de humedad nacionales y el LCPNR-Humedad de ENAER designado oficialmente laboratorio custodio del patrón nacional de Chile. La participación en ésta comparación de los Laboratorios del país permite conocer la compatibilidad de las mediciones y la competencia del personal acreditado en los laboratorios integrantes de la Red de Metrología, supervisada por el INN.

OBJETIVO

Realizar una comparación en el ámbito metrológico de Termometría en la magnitud de temperatura ambiental entre los laboratorios de calibración de Chile, con el fin de estimar los niveles de concordancia para la magnitud temperatura ambiental, entre los laboratorios participantes,

DATOS GENERALES

Laboratorios participantes

Al ensayo de aptitud 2017 se integraron los siguientes laboratorios participantes:

Laboratorio	Empresa	Contacto	Información
1	VETO.	Hernán Ramírez V.	Jefe.calibraciones@veto.cl
2	IDIC.	Luis Sánchez Vergara	Luis.sanchez@idic.cl
3	SMI	Yang Changlio San Martín	Ychanglio@smilab.cl
4	CESMEC	Miguel Mariangel G.	mmariangel@cesmec.cl
		Fabián González D.	Fabian.Esteban746@gmail.com
5	VIGNOLA	Raúl Reyes Acevedo	rreyes@nignola.cl
6	DTS	Luis Mellafe López	lmellafe@dts.cl
		Sebastián Morgado Garay	smorgado@dts.cl
7	SOLMEE EIRL	Domingo De Negri Q.	domingo.denegri@gmail.com
8	CALMANREP	Eduardo Román T.	eroman@calmanrep.cl
9	SERVINCAL	Eduardo Reyes Ortega	eduardo.reyes@servincal.cl
10	WSS	Liliana Jimenez	l.jimenez@wss.cl
		Cristian Rivera	crivera@wss.cl
11	Certificación equipos Ramirez	Aliro Ramirez	Aliro.ramirezF@gmail.com
12	LCPNR-HR (ENAER)	Marcial Espinoza Marchant	marcial.espinoza@enaer.cl
		Antonio Monsalve Venegas	antonio.monsalve@enaer.cl

Tabla N°1. Empresas participantes.

Puntos de calibración

Al ensayo de aptitud 2017 se realizaron los siguientes puntos de calibración:

<i>Laboratorio</i>	<i>Empresa</i>	<i>Puntos de calibración Temperatura (°C) @50% HR</i>
1	SMI	10-20- (30 o 45)
2	VIGNOLA	10-20- (30 o 45)
3	VETO	10-20- (30 o 45)
4	IDIC	10-20- (30 o 45)
5	CESMEC	10-20- (30 o 45)
6	DTS	10-20- (30 o 45)
7	SOLMEE EIRL	10-20- (30 o 45)
8	CALMANREP	10-20- (30 o 45)
9	SERVINCAL	10-20- (30 o 45)
10	WSS	10-20- (30 o 45)
11	Certificación equipos Ramirez	10-20- (30 o 45)

Tabla N°2. Puntos de Calibracion- Laboratorios participantes

Nota: En **temperatura del aire** se deben realizar 3 puntos (10 y 20) °C **ya elección** (30 o 45) °C a 50% HR.

Programación de las mediciones.

Los equipos fueron circulados de acuerdo al cronograma establecido en la tabla 3.

Laboratorio	Empresa	Fecha Tentativa
1	LCPNR-HR (ENAER)	02/11/17 – 10/11/17
2	SMI	13/11/17 – 17/11/17
3	CESMEC	20/11/17– 24/11/17
4	VETO	27/11/17 – 01/12/17
5	SERVINCAL	02/12/17 – 03-12-17
1	LCPNR-HR (ENAER)	04/12/17 – 08/12/17
6	IDIC	11/12/17 – 15/12/17
7	DTS	18/12/17 – 22/12/17
8	VIGNOLA	25/12/17 – 03/01/18
9	SOLMEE EIRL	04/01/18 – 12/01/18
10	CALMANREP EIRL	15/01/18 – 19/01/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	22/01/18 – 26/01/18
11	Certificación equipos Ramirez	29/01/18 – 02/02/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	12/02/18 – 16/02/18
12	WSS	19/02/18 – 23/02/18
1	LCPNR-HR (ENAER)	05/03/18 – 09/03/18

Tabla 3. Fechas de realización de la comparación.

Nota: Las fechas tentativas tuvieron leves modificaciones producto del traslado del Patrón viajero pero el cronograma se cumplió sin observaciones importantes.

Patrón de comparación

Como patrón Viajero de comparación se utilizó un termo higrómetro.

El instrumento fue facilitado por LCPNR-HR de ENAER.

Las características del estándar Primario utilizado como referencia para el Ensayo se pueden observar en la tabla N° 4

LCPNR-HR Empresa Nacional Aeronáutica de Chile.						
Nombre	Tipo	Marca	Modelo	N° de serie	Alcance de medición % HR	Incertidumbre relativa , k=2
Estándar Primario	Generador de Humedad por dos Presiones	Thunder Scientific	2500S-LT	0502478	5°C a 70°C	0,3°C

Tabla 4.- Patrón Nacional utilizado para calibrar el patrón viajero

Las características del Patrón viajero facilitado por el LCPNR- HR para el ensayo, se presentan en la tabla siguiente.

Marca	Modelo	Clase de Exactitud	Alcance	Resolución	Número de Serie
Delta Ohm	Indicador : HD 2101.1R Sensor : HP472AC R	± 1,5 %HR	0 %HR a 90 %HR	0,1 %	Indicador: 17007116 Sensor: Sin serie
		± 2.0 %HR	90 %HR a 100 %HR		
		± 0,3 °C	-20 a 80 °C	0,1 °C	

Tabla 5.- Patrón Viajero de comparación

Programa de la comparación

La comparación se realizó en 9 etapas (5 mediciones del laboratorio piloto);

- (1) medición inicial piloto,
- (2) medición de 4 participantes.
- (3) medición del piloto,
- (4) medición de 5 participantes
- (5) medición del piloto,
- (6) medición de 1 participante
- (7) medición del piloto,

- (8) medición de 1 participante
- (9) medición final del piloto.

LCPNR-HR y el INN establecen la documentación base y actividades a realizar.

- a) Preparación. ENAER realizó la medición inicial. Con lo cual estableció los lineamientos generales de la comparación (3 al 8 de noviembre de 2017).
- b) Los 4 laboratorios participantes ([SMI-CESMEC-VETO-SERVINCAL](#)) realizaron las mediciones correspondientes de acuerdo a las fechas programadas
- c) (13 de noviembre al 3 de diciembre de 2017).
- d) El instrumento vuelve al LCPNR-HR, el piloto ejecuta la segunda medición al patrón viajero empleado para el ejercicio de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación. (4 al 6 de diciembre de 2017).
- e) Se realizan las mediciones de los 5 laboratorios participantes del ensayo de aptitud H17 ([IDIC-DTS-VIGNOLA-SOLMEE EIRL-CALMANREP EIRL](#)) en las fechas programadas (11 de diciembre de 2017 al 19 de enero de 2018)
- f) El instrumento vuelve al LCPN-HR (3^{era} Medición) y el piloto ejecuta la medición al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (22 al 25 de enero de 2018).
- g) Se realiza una medición por 1 laboratorio participante del ensayo de aptitud H17 ([Certificación equipos Ramirez](#)) del 29 de enero al 02 de febrero de 2018.
- h) El instrumento vuelve al LCPN-HR (4^{ta} Medición) y el piloto ejecuta la medición al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (12 al 16 de febrero de 2018).
- i) Se realiza una medición por 1 laboratorio participante del ensayo de aptitud H17 ([WSS](#)) del 19 al 23 de febrero de 2018.
- j) El instrumento vuelve al LCPN-HR (5^{ta} Medición) y el piloto ejecuta la medición final al patrón viajero empleado para el ejercicio, de acuerdo al procedimiento establecido en la comparación (19 al 23 de marzo de 2018).

El INN recopila los resultados de los laboratorios participantes asignándole un código a cada uno de ellos y los hace llegar al LCPN-HR de ENAER el 04 de enero de 2017.

El 17 de mayo de 2018 el LCPN-HR de ENAER emite un informe que contiene el análisis y conclusiones de la comparación con los resultados obtenidos por los laboratorios participantes y se hace llegar éste informe al INN (INFORME B)

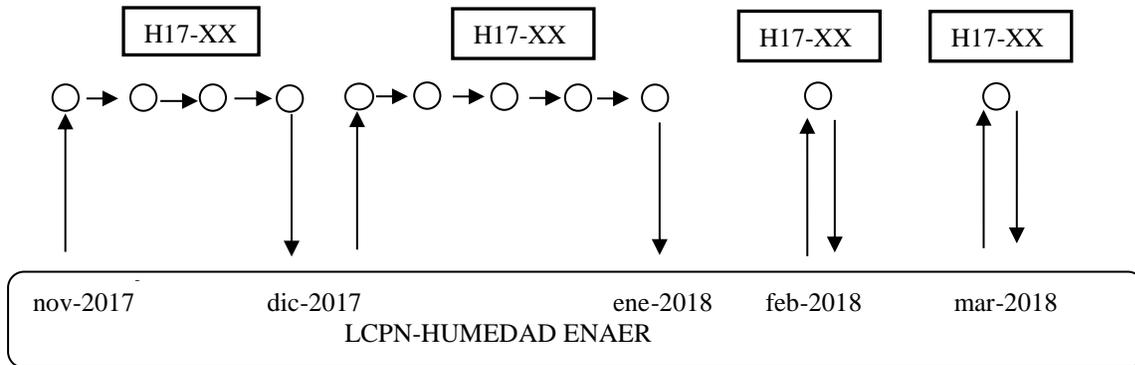


Figura 1. Esquema Ensayo de Aptitud.

RESULTADOS

Comportamiento del patrón de comparación

El laboratorio de ENAER realizó un estudio del comportamiento del patrón viajero de comparación calibrándolo en 5 ocasiones. La primera medición (E1) se realizó al inicio de la comparación (03 al 08 de noviembre de 2017); la segunda medición (E2) se realizó entre el 04 al 06 de diciembre de 2017, la tercera medición (E3) entre el 22 al 25 de enero de 2018, la cuarta medición (E4) se realizó entre el 12 al 14 de febrero de 2018 y la medición final (E5) se realizó entre el 19 al 23 de marzo de 2018.

Los datos obtenidos se presentan en el siguiente gráfico:

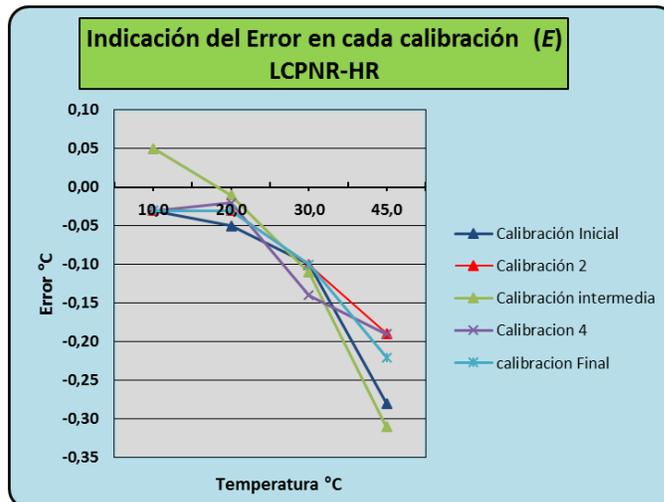


Gráfico 1. Error en cada calibración, E , del Laboratorio LCPNR-HR.

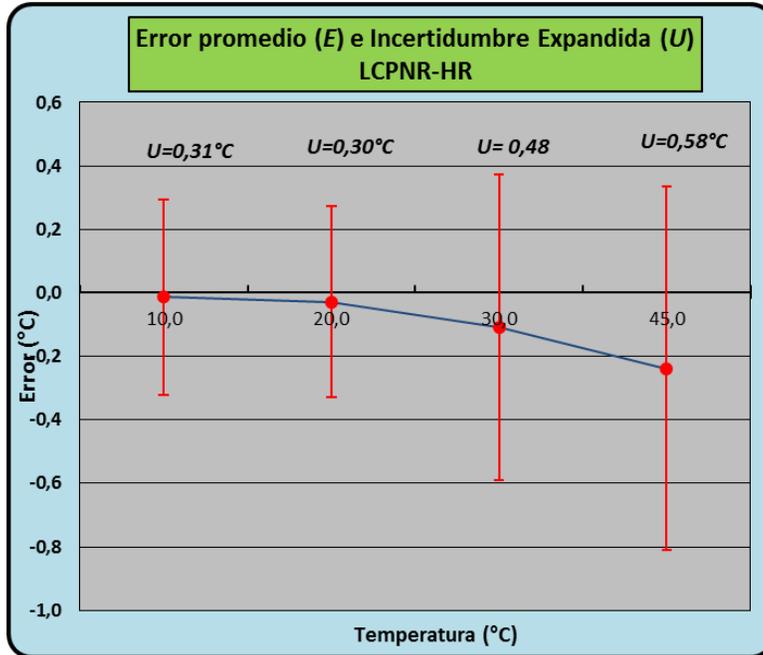


Gráfico 2. Error promedio., E , e incertidumbre expandida, U ($k=2$, 95%). Laboratorio LCPNR-HR.

Datos de las mediciones

En la Tabla 6 se presentan los datos de la comparación para los valores del error promedio E , y en la tabla 7 se encuentran las incertidumbres de medición asociada para los diferentes puntos de temperatura ambiental nominal encontrados por los laboratorios participantes.

Los valores que en el resto de este documento se usan para representar los resultados obtenidos por LCPNR-HR, para el error y la incertidumbre combinada, son el promedio de las lecturas realizadas de las tres diferentes fechas de toma de lectura en el laboratorio de LCPNR-HR.

$$E_{Enaer} = (E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5) / 5$$

$$U_{Enaer} = (U_1 + U_2 + U_3 + U_4 + U_5) / 5$$

Datos Error Promedio Laboratorios												
°C	LCPN °C	LAB H-17-23	LAB H-17-31	LAB H-17-33	LAB H-17-36	LAB H-17-43	LAB H-17-53	LAB H-17-60	LAB H-17-65	LAB H-17-72	LAB H-17-78	LAB H-17-93
10,0	-0,014	-0,5	0,03	0,2	N.R.	0,00	-0,038	0,1	-0,18	-0,1	-0,1	-0,1
20,0	-0,028	-0,4	0,13	0,5	0,8	-0,10	-0,042	0,0	-0,20	0,0	0,0	-0,1
30,0	-0,110	N.R.	-0,03	0,6	-0,3	0,10	-0,043	0,1	-0,18	N.R.	0,0	0,1
45,0	-0,238	-0,1	N.R.	0,2	N.R.	N.R.						

Nota: N.R.= No reportada.

Tabla 6. Error promedio, E, obtenido en cada punto.

Gráfico 3. Error de cada participante con LCPNR-HR

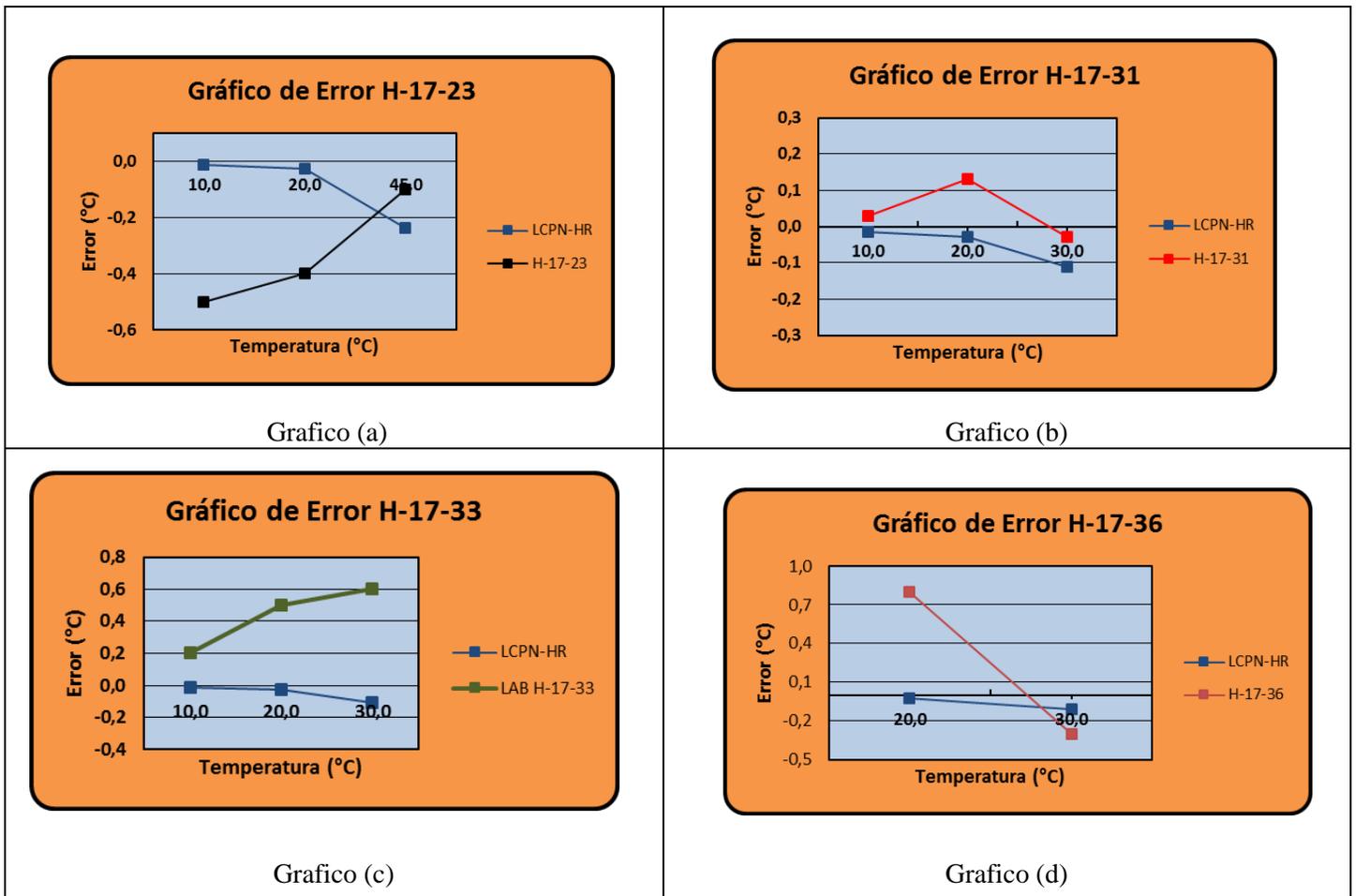


Gráfico de Error H-17-43

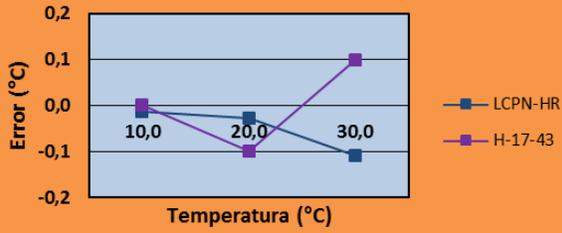


Grafico (e)

Gráfico de Error H-17-53

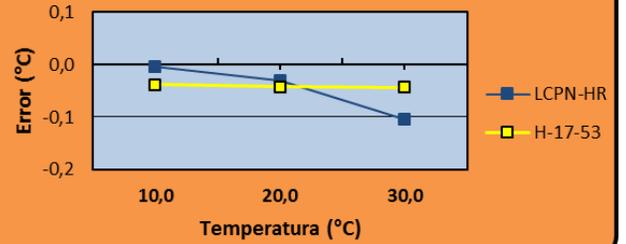


Grafico (f)

Gráfico de Error H-17-60

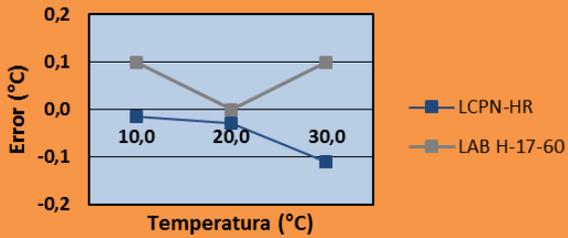


Grafico (g)

Gráfico de Error H-17-65

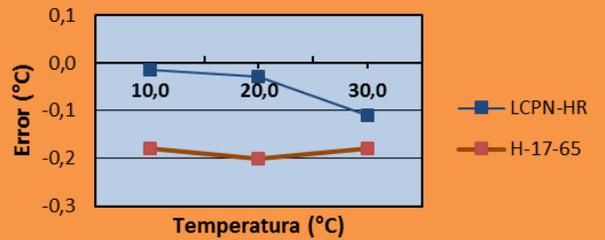


Grafico (h)

Gráfico de Error H-17-72

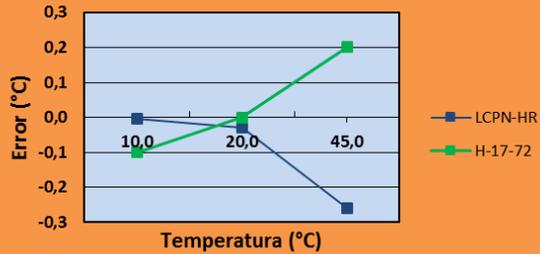


Grafico (i)

Gráfico de Error H-17-78

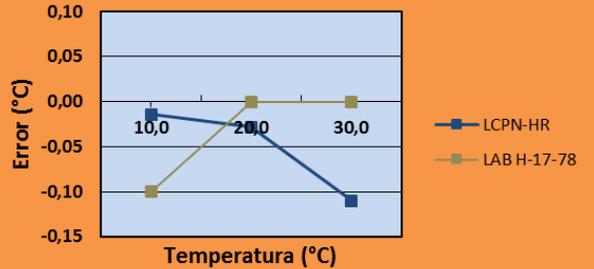


Grafico (h)

Gráfico de Error H-17-93

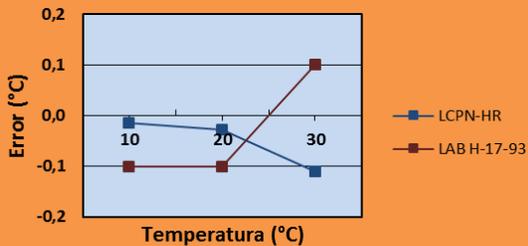


Grafico (i)

Curvas de error, E, de todos los laboratorios (10,20 y 30) °C.

El siguiente gráfico muestra las curvas del error encontradas por cada uno de los laboratorios participantes.

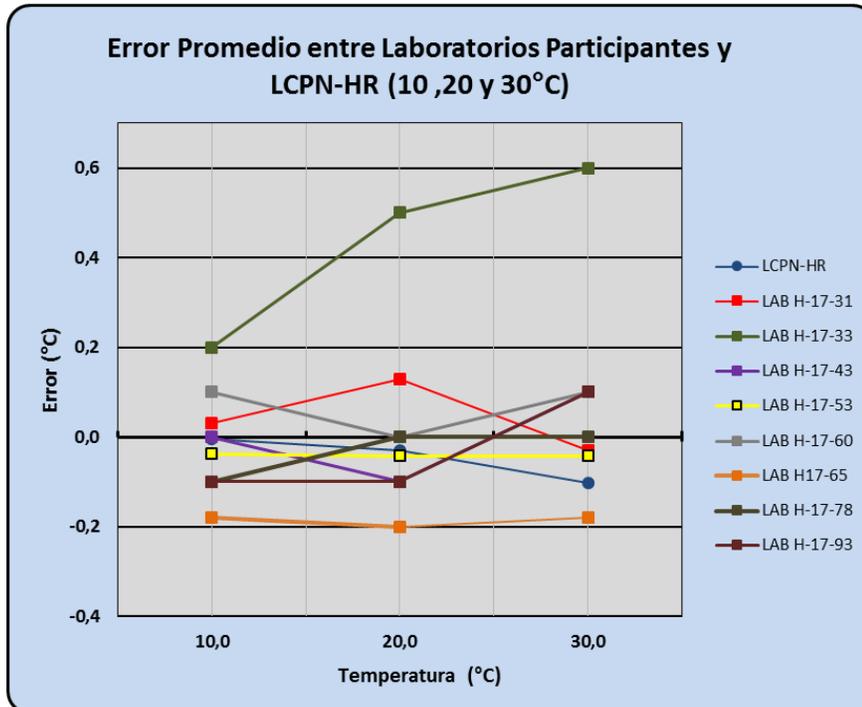


Gráfico 4. Error promedio entre laboratorios en 10,20 y 30°C.

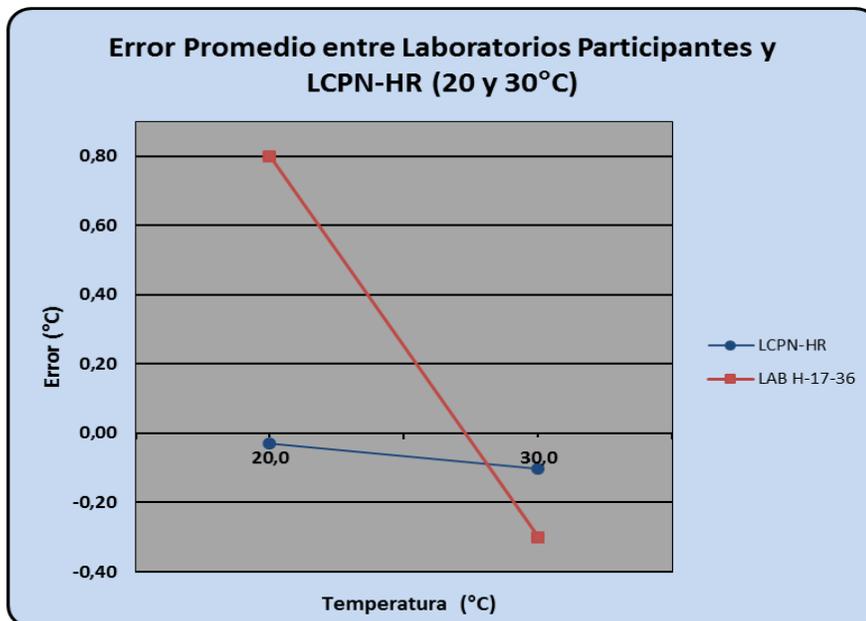


Gráfico 5. Error promedio entre laboratorios en 20 y 30 °C.

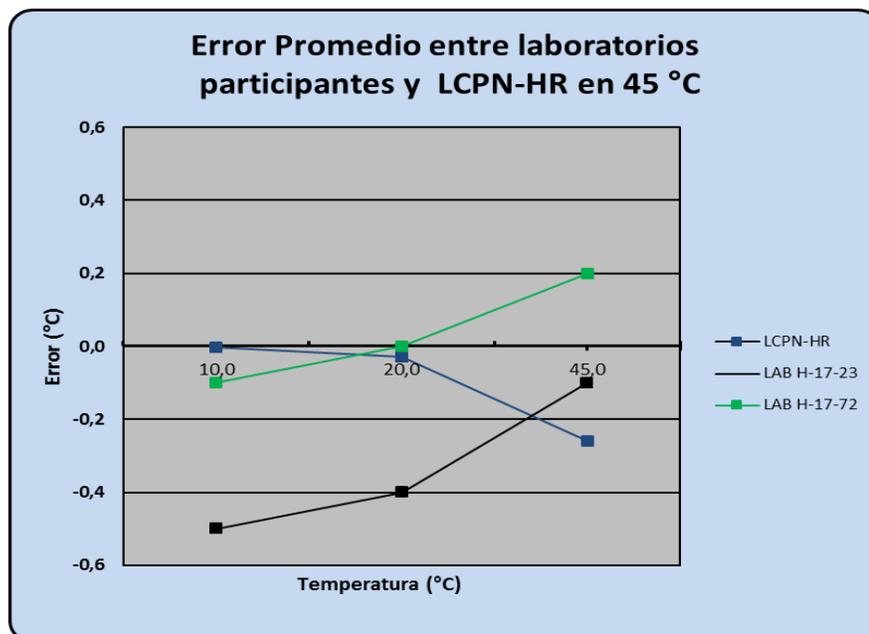


Grafico 5. Error promedio entre laboratorios en 10,20 y 45 °C.

La siguiente tabla nos indica la incertidumbre de cada laboratorio participante.

Datos Incertidumbre Promedio Laboratorios (°C)												
°C	LCPN °C	LAB H-17-23	LAB H-17-31	LAB H-17-33	LAB H-17-36	LAB H-17-43	LAB H-17-53	LAB H-17-60	LAB H-17-65	LAB H-17-72	LAB H-17-78	LAB H-17-93
10,0	0,30	0,9	0,60	1,00	N.R.	0,5	1,0	0,6	0,50	0,2	2	0,2
20,0	0,30	0,9	0,60	1,00	2,0	0,5	1,0	0,6	0,50	0,2	2	0,1
30,0	0,48	N.R.	0,60	1,00	2,0	0,5	1,0	0,6	0,50	N.R.	2	0,1
45,0	0,56	0,9	N.R.	0,2	N.R.	N.R.						

Nota: N.R.= No reportada.

Tabla 7. Datos de la incertidumbre expandida, U , obtenidos por los participantes.

Con la tabla anterior se representa las siguientes graficas:

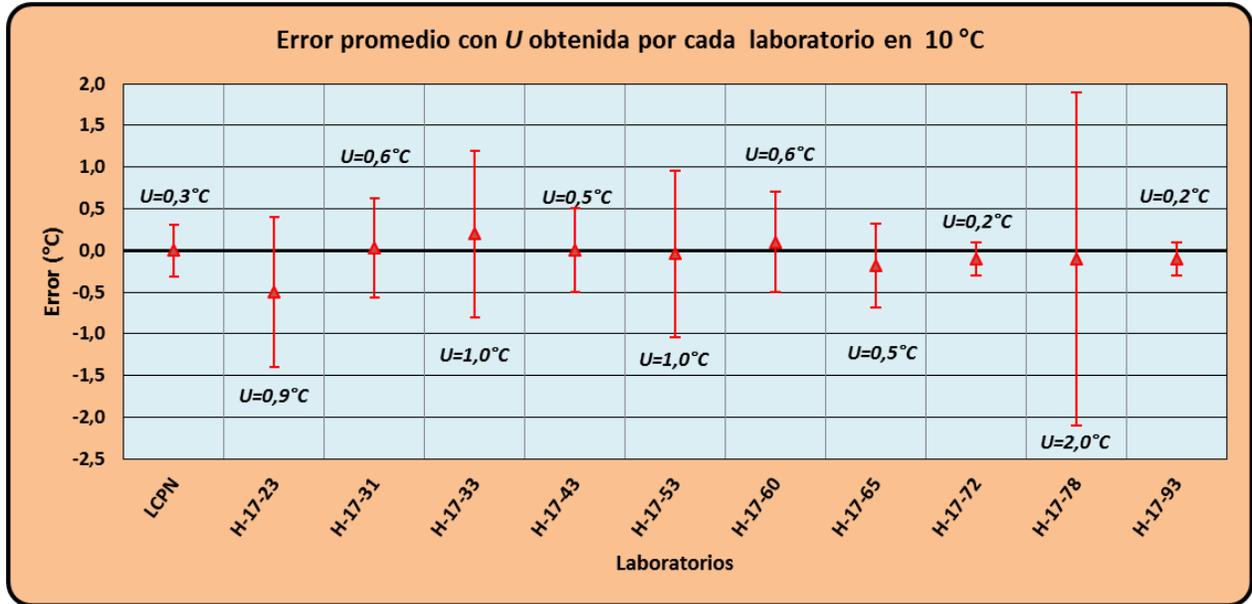


Gráfico 7. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (10 °C).

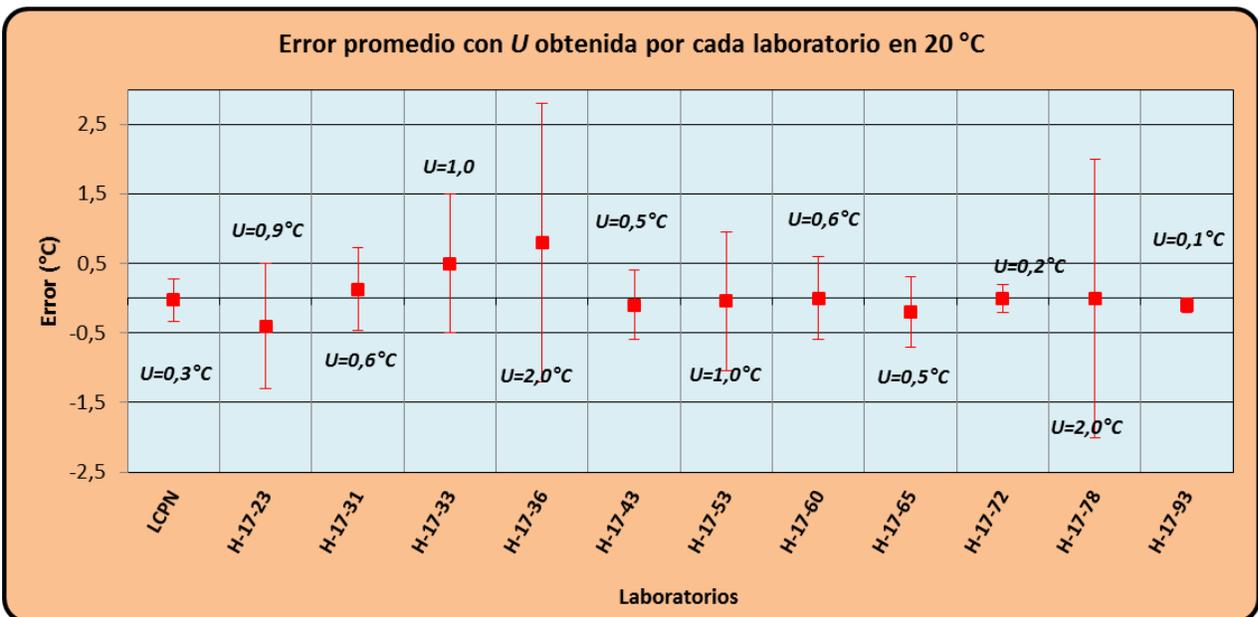


Gráfico 8. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (20 °C).

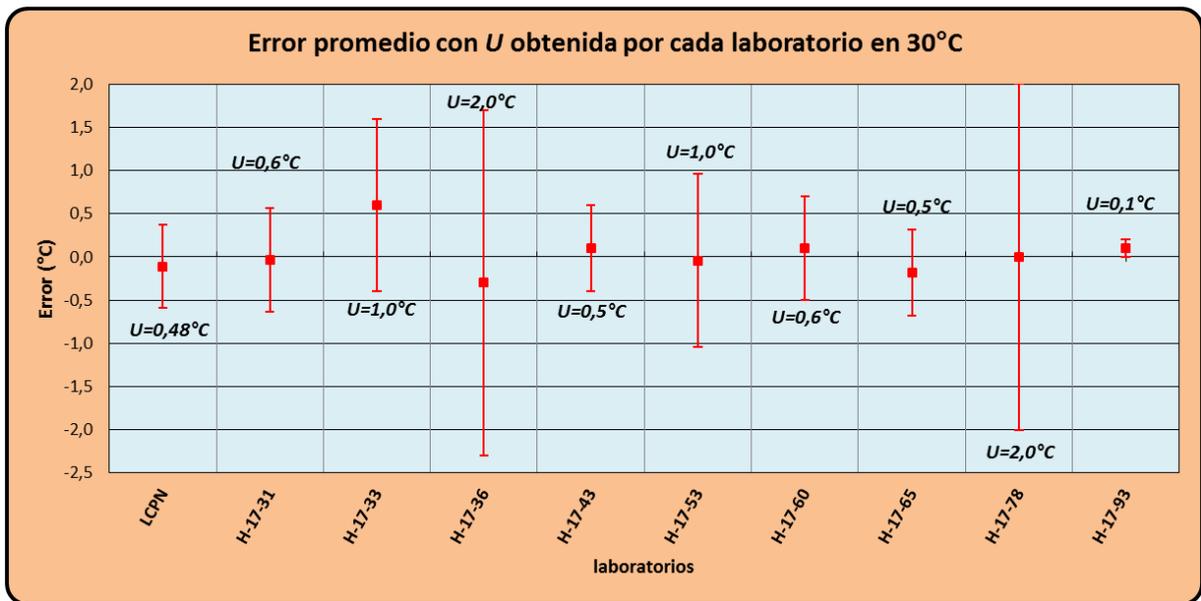


Grafico 9. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (30 °C).

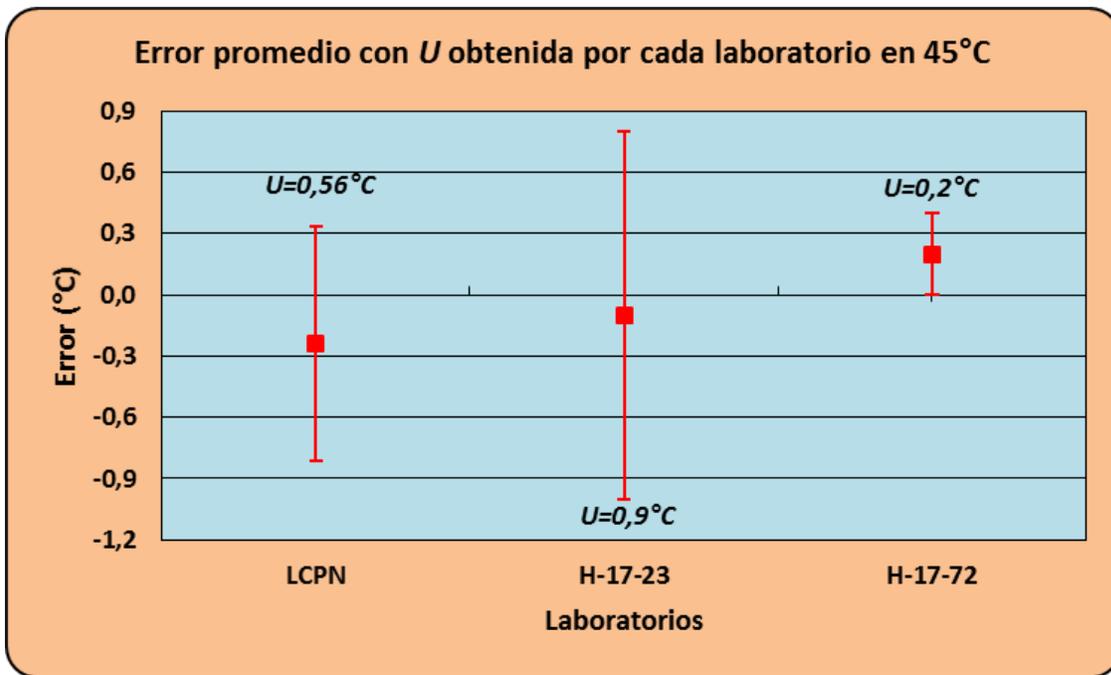


Grafico 10. Error promedio entre laboratorios con incertidumbre (45 °C).

Evaluación de los resultados

Valores de referencia

Los valores de error e incertidumbre de referencia, E_{ref} y U_{ref} , son de suma importancia en una comparación ya que son los valores con los cuales se comparan los resultados obtenidos por los laboratorios participantes. Para la adecuada definición de estos valores de referencia se consideraron las particularidades más importantes de esta comparación.

Desempeño de los laboratorios

Los resultados obtenidos por los laboratorios se analizaron, mediante el criterio de comparaciones del error normalizado E_n . El error normalizado es definido en las normas sobre comparaciones y utilizado en otras comparaciones. El error normalizado se calcula mediante la ecuación que se da a continuación, que se aplica para cada punto de medición examinado del laboratorio analizado y el respectivo valor de referencia.

$$E_n = (E_{lab} - E_{ref}) / \sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}$$

E_n = Error normalizado.

E_{lab} = Error de la medición que obtiene el laboratorio participante.

E_{ref} = Error de la medición de referencia (LCPNR-HR).

U_{lab} = U expandida ($k=2$) del error de la medición del laboratorio participante.

U_{ref} = Incertidumbre expandida ($k=2$) de referencia (LCPNR-HR).

El Error Normalizado determina el desempeño para los valores obtenidos donde:

$$|E_n| \leq 1.0 \text{ Resultado satisfactorio}$$

$$|E_n| > 1.0 \text{ Resultado NO satisfactorio}$$

La siguiente tabla es una presentación esquemática de los errores normalizados (En), de los laboratorios participantes.

Tabla de error normalizado (En)											
$^{\circ}C$	LAB H-17-23	LAB H-17-31	LAB H-17-33	LAB H-17-36	LAB H-17-43	LAB H-17-53	LAB H-17-60	LAB H-17-65	LAB H-17-72	LAB H-17-78	LAB H-17-93
10,0	0,51	0,07	0,20	N.R.	0,02	0,02	0,17	0,28	0,23	0,04	0,23
20,0	0,39	0,24	0,51	0,41	0,12	0,01	0,04	0,29	0,08	0,01	0,23
30,0	N.R.	0,10	0,64	0,09	0,30	0,06	0,27	0,10	N.R.	0,05	0,43
45,0	0,13	N.R.	0,95	N.R.	N.R.						

Nota: N.R.= No reportado.

Tabla 8. Datos del error normalizado de los laboratorios participantes
(En los cálculos se han considerado más dígitos de los mostrados en las tablas).

Gráficos de Error Normalizado

Los siguientes gráficos muestran las curvas de los errores normalizado obtenido por cada laboratorio participante correspondientes a los datos presentados en la **Tabla 8**. En todos los resultados se observa concordancia (<1)

Gráfico 11. Errores normalizados de cada laboratorio participante.

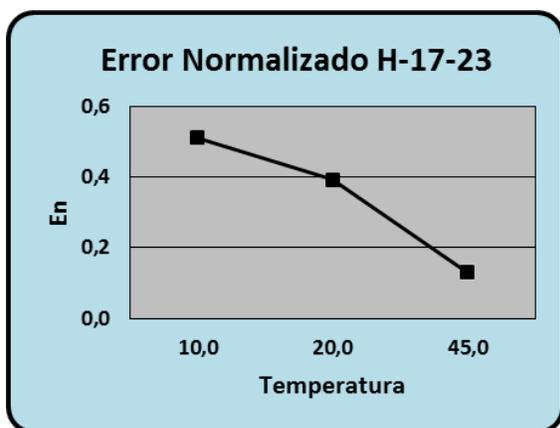


Gráfico (a)

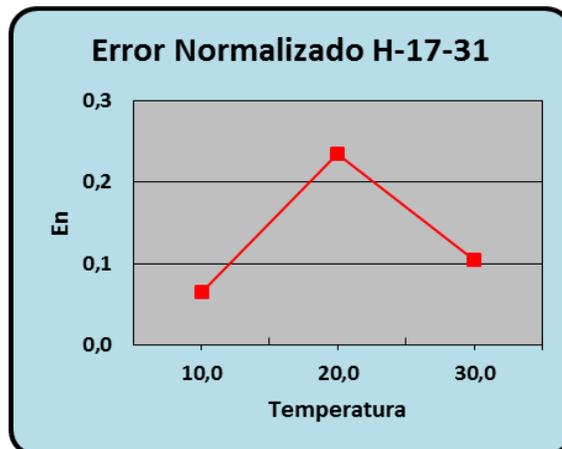


Gráfico (b)

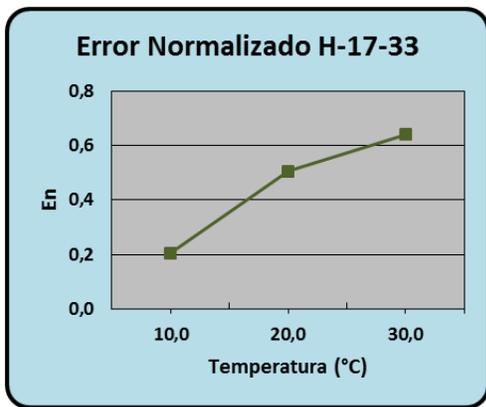


Grafico (c)

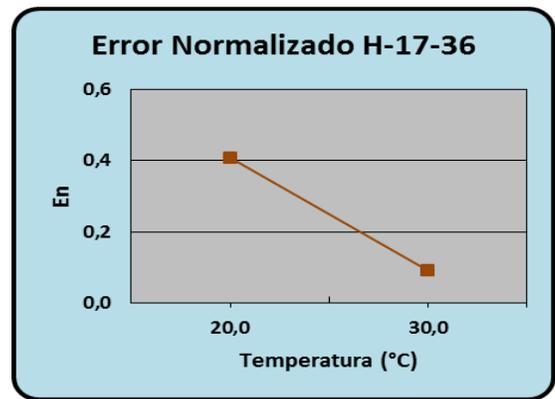


Grafico (d)

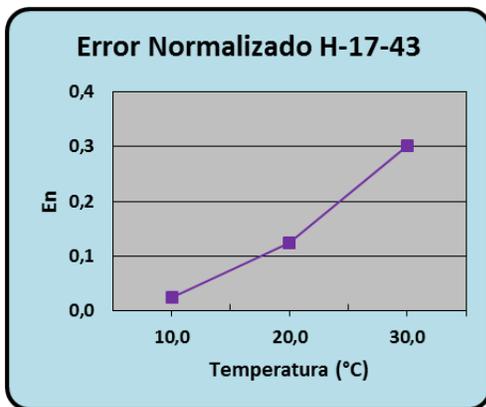


Grafico (e)

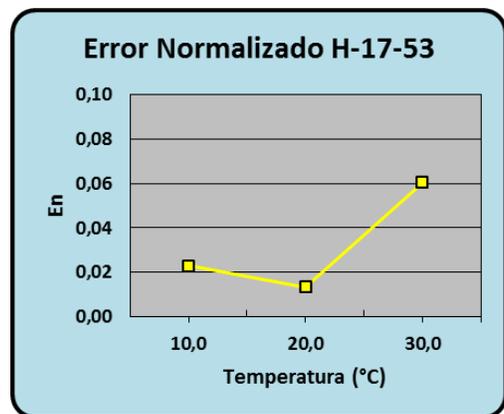


Grafico (f)

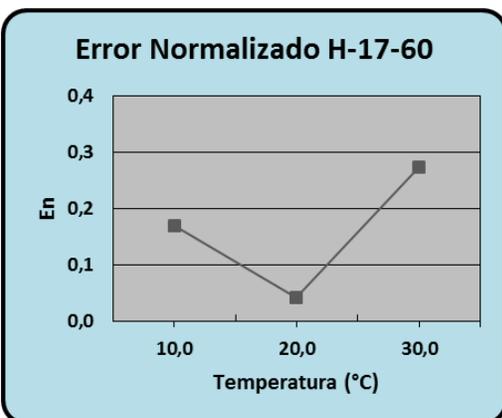


Grafico (g)

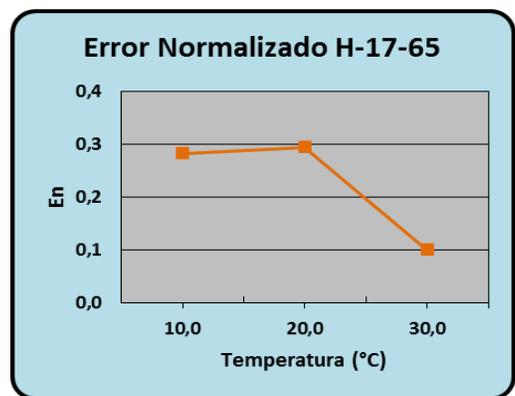


Grafico (h)

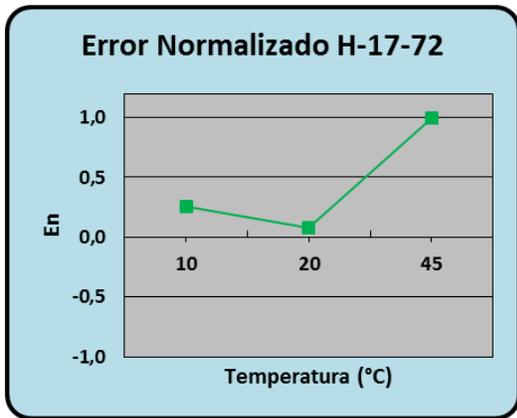


Grafico (i)

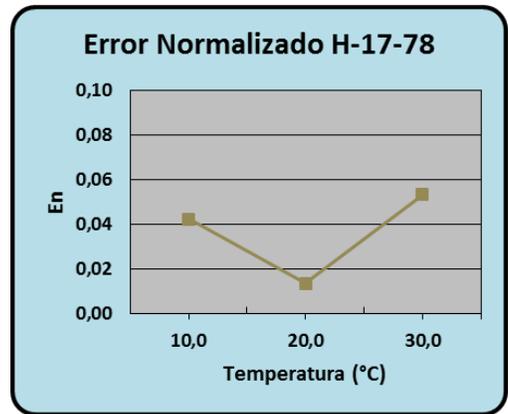


Grafico (J)

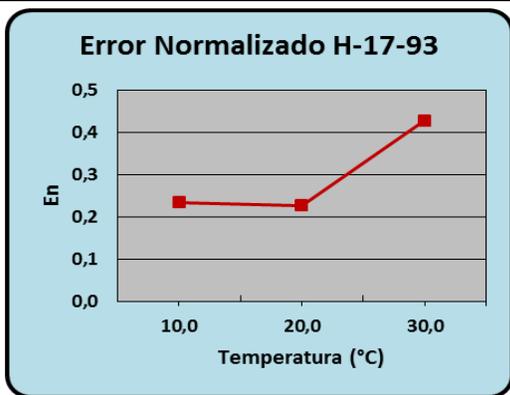
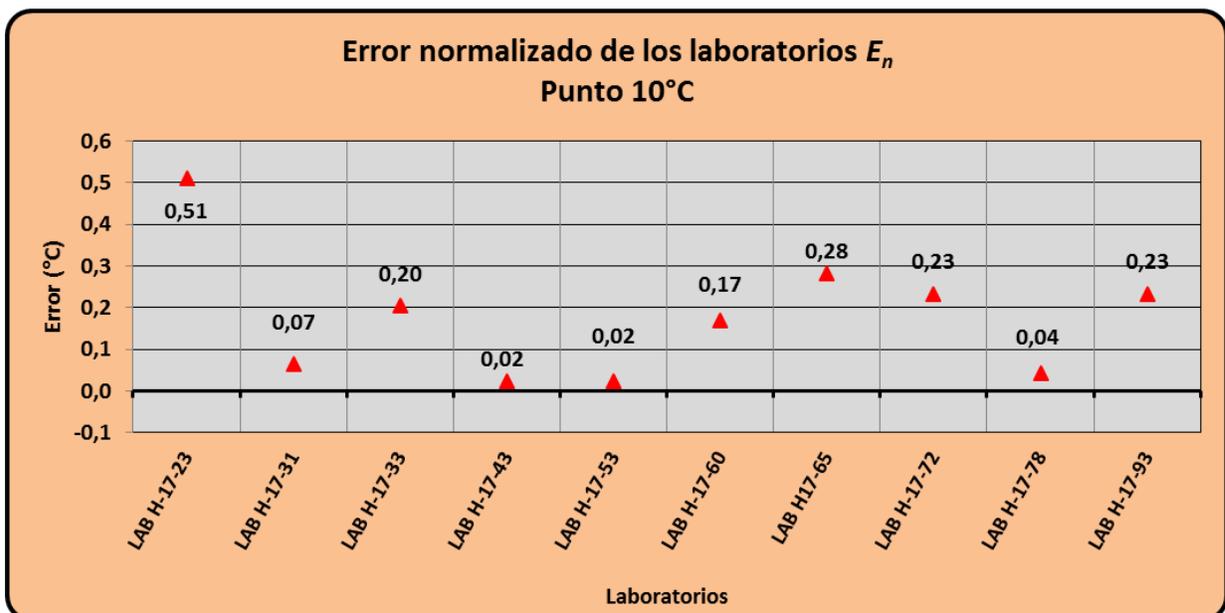
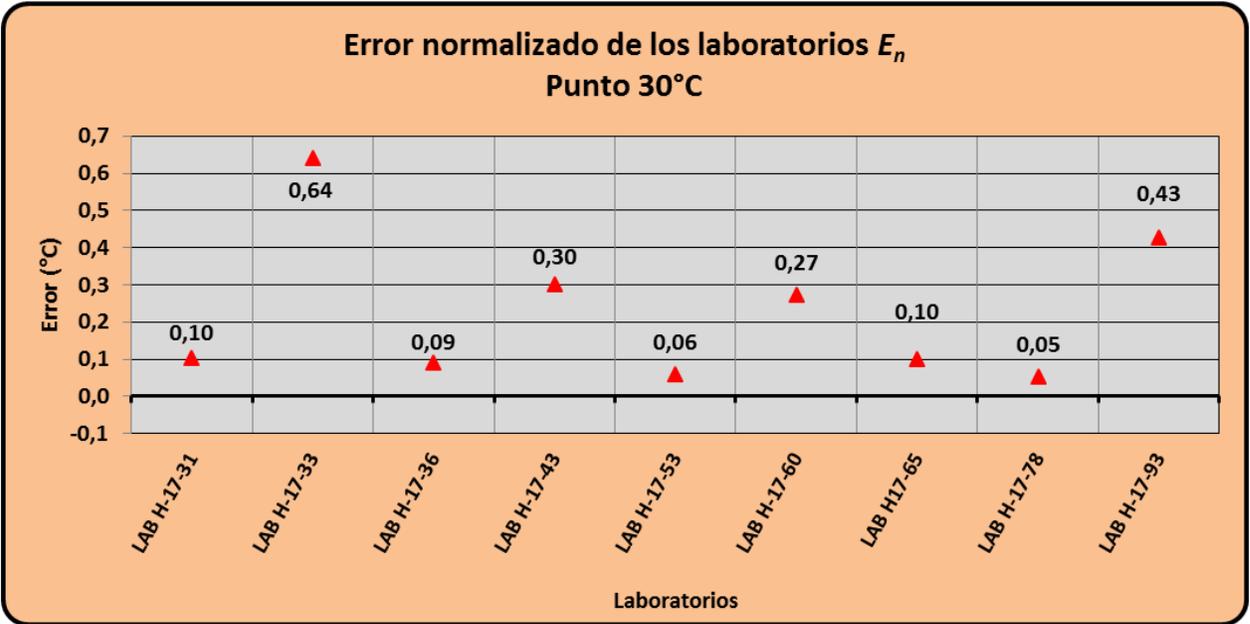
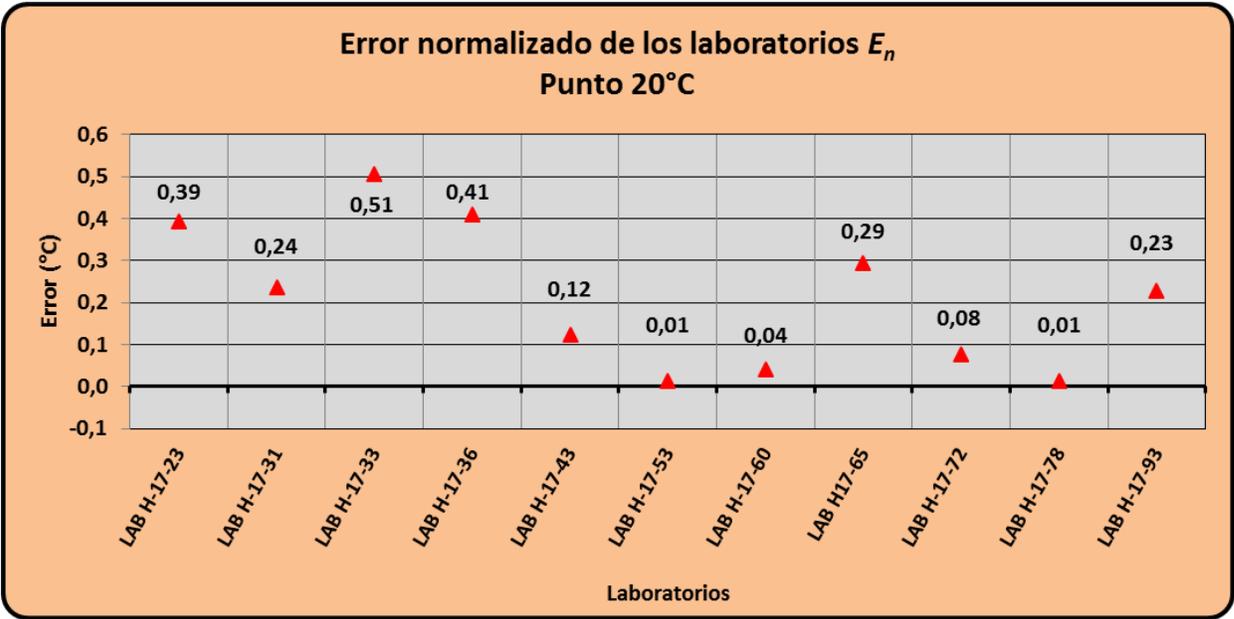


Grafico (k)

Gráfico 12. Errores normalizados obtenidos por los laboratorios participantes en cada punto de calibración.





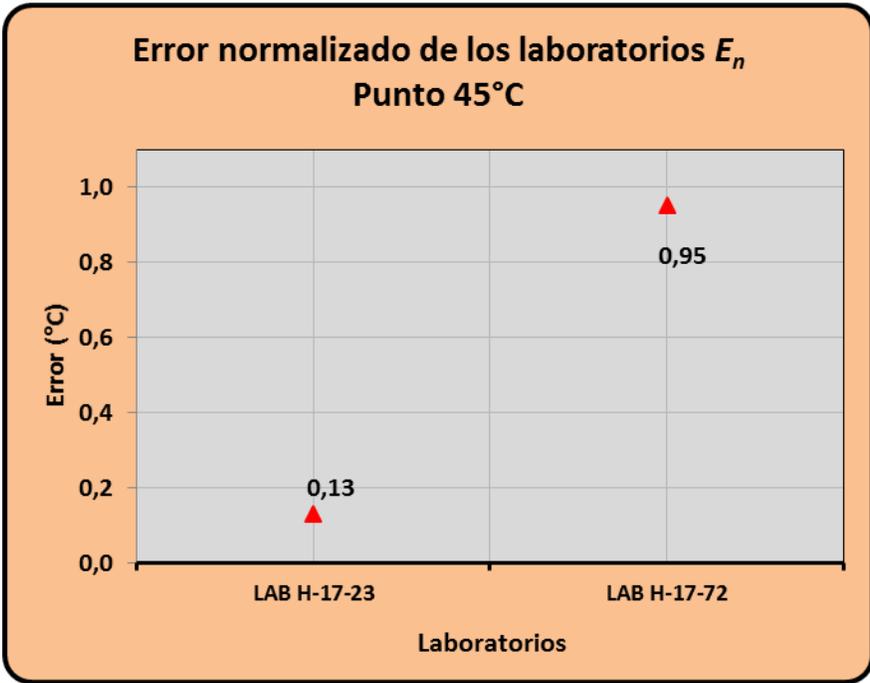
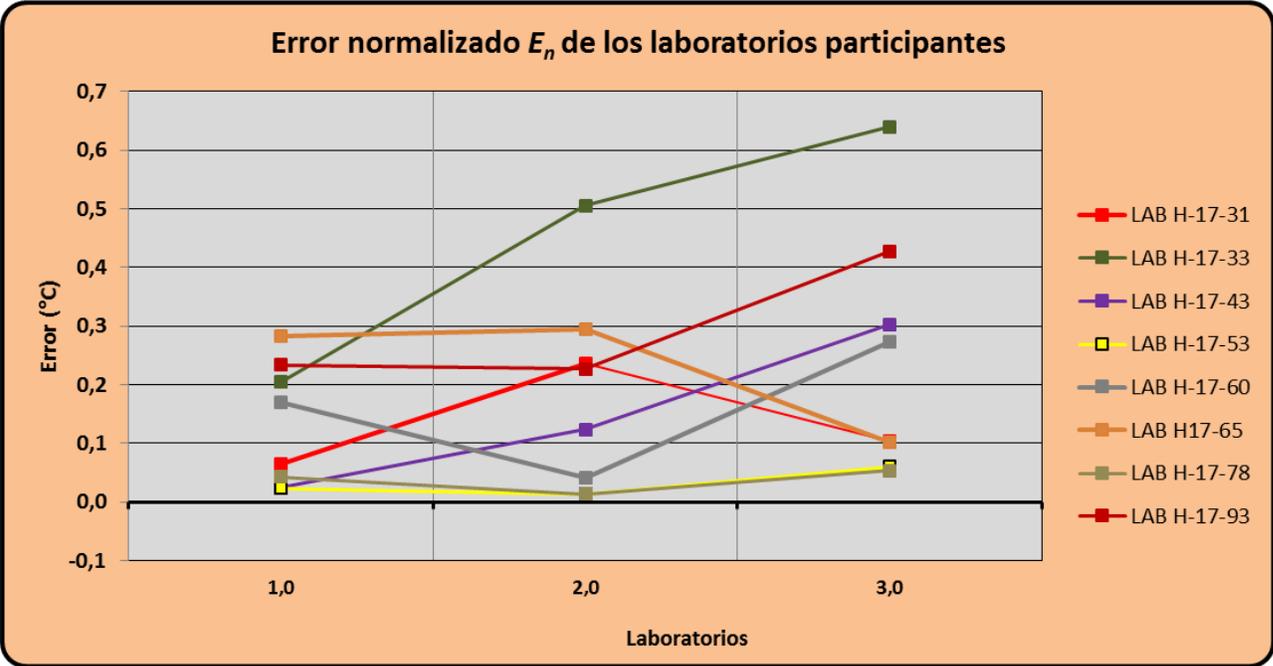
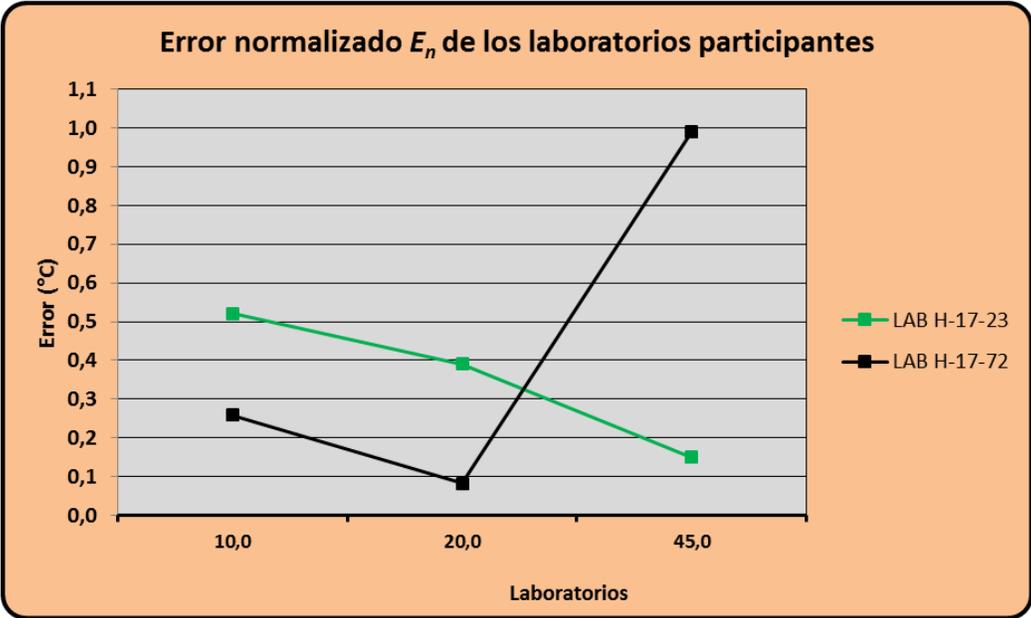
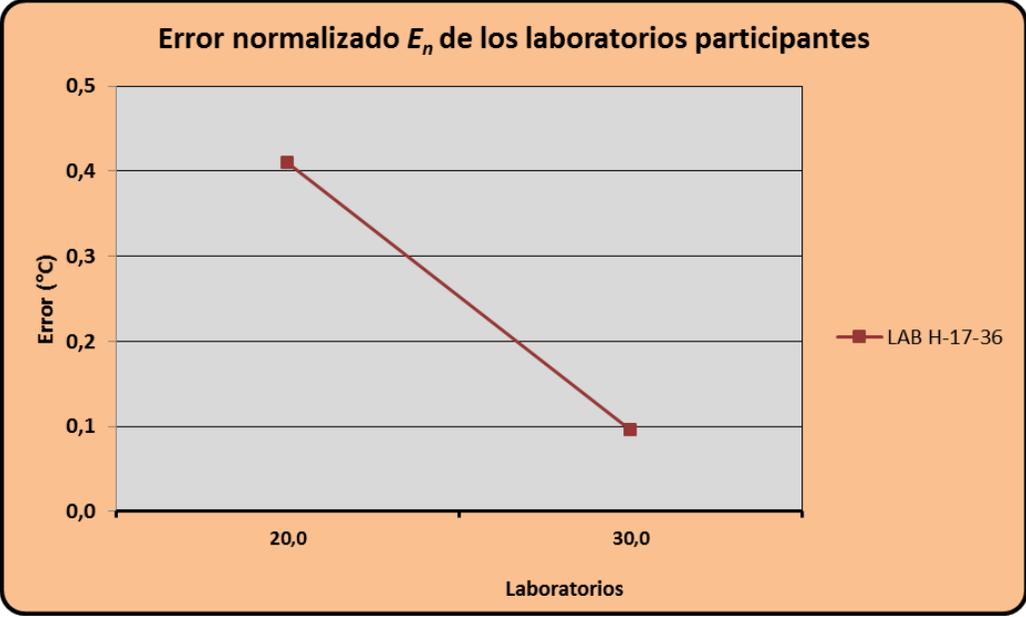


Gráfico 13. Errores normalizados de todos los laboratorios.





DERIVA DEL PATRON VIAJERO

El laboratorio designado de la magnitud Humedad Relativa (ENAER) realizó un estudio de la deriva del patrón de comparación al calibrarlo en 5 oportunidades en cinco fechas distintas.

Las calibraciones realizadas durante el periodo de la comparación muestran una buena estabilidad del instrumento a corto plazo.

Esto se puede ver claramente en la gráfico 1, donde las calibraciones mencionadas se realizaron en diferentes fechas con pequeñas variaciones de Temperatura ambiental, también muestra la deriva del patrón.

La incertidumbre por deriva se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$U_{\text{deriva}} = S / N^{1/2}$$

S = Desviación estándar de los errores promedio obtenidos en las calibraciones realizadas por LCPNR-HR, ENAER Chile.

N = Número de mediciones realizadas por LCPNR-HR.

Este estudio demuestra la confiabilidad y estabilidad del instrumento utilizado como patrón viajero para los efectos y fines de esta comparación.

CONCLUSIONES

De los resultados que obtuvieron los laboratorios participantes, se puede observar lo siguiente:

MCM. debido a la concordancia en el desempeño los laboratorios H-17-23; H-17-33; H-17-36; H-17-53 y H-17-78 pueden considerar la posibilidad de mejorar su actuales MCM.

El participante H-17-72 y H-17-93 obtuvieron un buen desempeño en sus mediciones pero se observa una sub-estimación de incertidumbres en la caracterización de la cámara atribuibles a gradiente y estabilidad en temperatura.

Error Normalizado.

Los resultados que obtuvieron los participantes en esta comparación mostraron concordancia entre 11 laboratorios de acuerdo al criterio del error normalizado por lo tanto su resultado es: **Satisfactorio**

En general de los resultados obtenidos por los Laboratorios participantes en éste ejercicio "Ronda H-17" integrantes de la RNM de Chile, se obtiene el siguiente Resultado:

- un 100% tienen un resultado concordante y satisfactorio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la disposición de participación en esta comparación de los 11 laboratorios Participantes del ensayo de aptitud H17 y la activa participación de la División de Metrología del INN.

REFERENCIAS

- (1) Guide to the Expression of uncertainty in measurement JCGM 100:2008 BIPM
- (2) The International System of Units. Bureau International des poids et mesures 8^oedition, 2006.
- (3) Lineamientos generales y procedimiento del ensayo de Aptitud LCPN R-HR ENAER 2016.
- (4) GUIDE ISO/IEC 17043 Proficiency testing by interlaboratory comparisons.
- (5) Norma ISO 17025 Requisitos Generales para la competencia de Laboratorios de Calibración y Ensayo.